

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОШИВНОГО СТАНА ОАО «СЕВТЗ»

К.П. Пьянков, магистрант, А.А. Богатов, профессор  
УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

В статье рассмотрены способы определения параметров очага деформации прошивного стана на основании методики предлагаемой в литературе, твердотельного моделирования с помощью программы «Solid Works» и программы «QForm». Сравнительный анализ методик показал, что размеры контактной поверхности в очаге деформации, рассчитанные по алгоритму из литературы отличаются от данных, полученных с помощью программных комплексов.

## Введение

Анализ процесса обработки металлов давлением следует начинать с определения размеров очага деформации и контактной поверхности заготовки и инструмента деформации. Методики расчета, представленные в литературе, чаще всего используют упрощенное представление очага деформации, а при исследовании сложного процесса винтовой прокатки и прошивки круглых заготовок, не всегда оправданные допущения. Авторы провели сравнительный анализ размеров очага деформации и контактной поверхности заготовки с валками прошивного стана ОАО «СевТЗ» с действующей калибровкой валков и оправки при изготовлении труб 245х8мм. Значения диаметра заготовки и гильзы, толщины стенки гильзы и диаметра вала в пережиме приняты в соответствии с действующей таблицей прокатки.

## 1. Методика расчета размеров очага деформации и контактной поверхности заготовки и валков [1]

Очаг деформации условно поделен на  $n$  сечений. В расчете принято, что  $n=10$ .

Из таблицы прокатки известны:  $d_3$  - диаметр заготовки;  $d_{\Gamma}$  - диаметр гильзы;  $S_{\Gamma}$  - толщина стенки гильзы;  $D$  - диаметр вала в пережиме.

Длина очага деформации определяется по формуле

$$l = \frac{d_3 - d_{\Pi}}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} + \frac{d_{\Gamma} - d_{\Pi}}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}, \quad (1)$$

где  $d_{\Pi}$  - диаметр заготовки в пережиме, мм;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - углы конусности в зонах прошивки и раскатки.

Диаметр заготовки в пережиме определяется по формуле

$$d_{\Pi} = (1 - \varepsilon_0) \cdot \frac{d_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} + \frac{(\delta_{\Pi} + 2 \cdot S_{\Gamma}) \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} - \frac{2 \cdot (l_0 - k) \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_0$  - обжатие перед носиком оправки,  $l_0$  - длина оправки,  $k$  - длина цилиндрического пояса на валке,  $\delta_{\Pi}$  - диаметр оправки,  $S_{\Gamma}$  - толщина стенки гильзы.

Обжатие перед носиком оправки определяется по формуле

$$\varepsilon_0 = [(100 - 0,17 R_B) \cdot \frac{d_3^2 \cdot \delta_{\Pi}}{(\delta_{\Pi} + 2 \cdot S_{\Gamma})^3} + 0,087 R_B - 36] \cdot \sqrt{\operatorname{tg} \alpha_1}, \quad (3)$$

г

где  $R_B$  - радиус вала в пережиме, мм.

Ширина контактной поверхности металла с валком в  $i$ -ом сечении определяется по известной формуле А.И. Целикова

$$b_i = \sqrt{\frac{2 \cdot R_i \cdot r_i}{R_i + r_i} \cdot \Delta r_i + \frac{R_i \cdot r_i}{R_i + r_i} \cdot (\xi - 1)}, \quad (4)$$

где  $r_i$ ,  $\Delta r_i$ ,  $\xi$  - радиус заготовки, радиальное обжатие в  $i$ -ом сечении и коэффициент овализации.

Радиальное обжатие в  $i$ -ом сечении равно

$$\Delta r_i = S_i \cdot (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \gamma), \quad (5)$$

где  $S_i$  - шаг винтовой линии в  $i$ -ом сечении,  $\gamma$  - угол конусности оправки.

Шаг винтовой линии в  $i$ -ом сечении определяется по формуле

$$S_i = \pi \frac{\operatorname{tg} \beta}{n} \cdot d_r \cdot \frac{\eta_o}{\eta_i} \cdot \frac{F_r}{F_i}, \quad (6)$$

где  $\beta$  - угол подачи, °;  $n$  - число валков,  $\eta_o$  и  $\eta_i$  - коэффициенты осевого и тангенциального скольжения;  $F_r$  и  $F_i$  - площади поперечного сечения гильзы и заготовки.

Коэффициент осевого скольжения определяется по формуле

$$\eta_0 = 0,9 - 0,0007 * \lambda_{\Sigma} * d_3, \quad (7)$$

где  $\lambda_{\Sigma} = 1,61$  – коэффициент вытяжки на прошивном стане.

Результаты расчета ширины контактной поверхности представлены в табл.1.

Таблица 1

Значения ширины поверхности контакта по сечениям

$x_i$	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
$b_i$	0	16	36	36	36	54	68	70	72	76	78	56	60	53	0

## 2. Методика определения размеров очага деформации и контактной поверхности заготовки и валков с использованием программы «Solid works».

С помощью CAD-программы SolidWorks выполнены 3D модели заготовки и инструмента прошивного стана. В последующем эти модели располагаются в пространстве в соответствии с их реальными прототипами (рис 1).

Рис. 1. Модели инструмента прошивного стана сведенные в единую сборку

Поверхность контакта (рис. 2) по длине разбивается на 21 сечение, в каждом сечении измеряется значение  $b_i$ . Данные по измерениям сведены в таблицу 2.

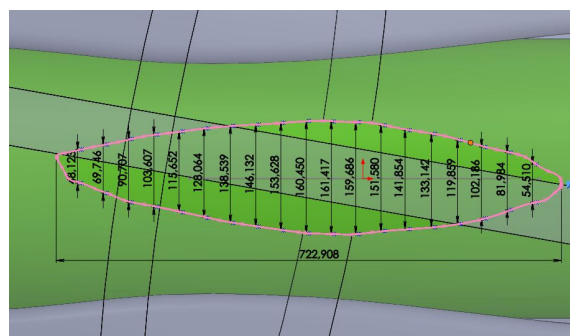
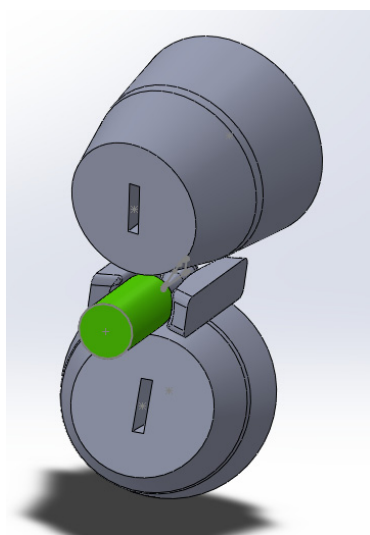


Рис. 2. Поверхность контакта заготовки с валком

Таблица 2

Ширина поверхности контакта по сечениям, определенная с помощью программного комплекса «Solid Works»

$x_i$	0	34,4	70,6	106,7	142,9	179,0	215,2	251,3	287,4	323,6	359,7	395,9	432,0	468,2
$b_i$	0	48,1	69,7	90,7	103,6	115,7	128,1	138,5	146,1	153,6	160,5	161,4	159,7	151,6
$x_i$	504,3	540,5	576,6	612,8	648,9	685,0	721,2							
$b_i$	141,9	133,1	119,9	102,2	82,0	54,5	0							

## 3. Методика определения размеров очага деформации и контактной поверхности заготовки и валков с использованием программы «Q-Form»

3D-модель очага деформации прошивного стана, созданная в SolidWorks транспонируется в программу QForm. Под действием валков, вращающихся в одном направлении, и осевой силы

заготовке придается винтовое движение. В работе удалось обеспечить перемещение заготовки только на длину конуса захвата, т.к. программа работает довольно медленно. В дальнейшем это решение будет продолжено.

Были сняты размеры очага деформации (рис. 3.).

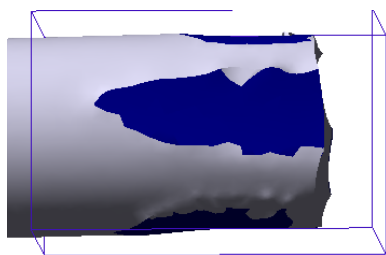


Рис. 4. Контур поверхности контакта заготовки с валком, полученный с помощью программы QForm

Поверхность контакта (рис. 4) по длине разбивается на  $i=10$  сечений, измеряется значение  $b_i$  в каждом сечении. Данные по измерениям сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

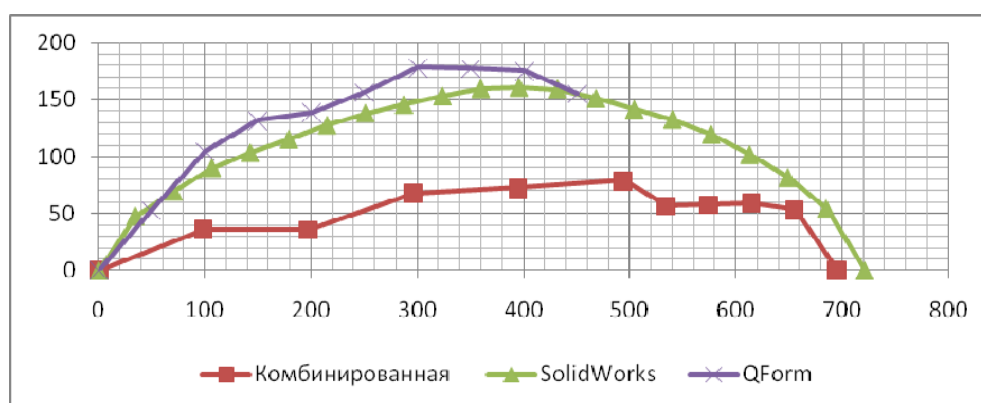
Ширина поверхности контакта по сечениям, определенная с помощью программы QForm

$x_i$	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450
$b_i$	0	52,63	104,57	131,82	138,85	156,43	178,54	177,61	174,87	155,42

#### 4. Анализ полученных результатов.

Используя рассчитанные по трем методикам значения ширины, относительно продольной координаты, поверхности контакта заготовки с валком (табл. 1,2,3) построили графики распределения  $b_i$  в зависимости от  $x_i$  (рис 5). Видно, что общепринятая аналитическая методика дает результаты,

отличающиеся от значений ширины очага деформации, определенной с помощью программных комплексов Solid Works и QForm. Исследования и анализ влияния размеров и калибровок инструмента следует продолжить.



Аналитическая

Рис. 5. Графики распределения ширины контактной поверхности по ее длине

#### СПИСОК ИСПОЛЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов Ф.А., Глейберг А.З., Балакин В.Г. Горячая прокатка труб. М.: Metallurgizdat, 1962. 591 с.
2. Тетерин П.К. Теория поперечно-винтовой прокатки // Metallurgiya. 1971. 361 с.
3. Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки. Изд. 2е, перераб. и доп. М.: Metallurgiya, 1990. 334 с.
4. Полухин П. И., Потапов И.Н. Новая технология винтовой прокатки. – М.: Metallurgiya, 1975. 342 с.
5. Емельяненко П.Т. Теория кривой и пилгримовой прокатки. М.: Metallurgizdat, 1949. 491 с.
6. Прошивка в косошальных станах / Н.П. Чекмарев, Я.Л. Ваткин, М.И. Ханнин и др. – М.: Metallurgizdat, 1967. 240 с.